Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 22, No. 3, Fall 2024, p. 291-309

Evaluation the Effects of Irrigation Periods and Chitosan as a Biological Elicitor on Onion (*Allium cepa* L.) Growth and Yield

Y. Rameshjan[1], A. Asgari[2*], F. Abdollahi[3]

1- PhD Graduated in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran; Research Group of Agroecology in Dryland Areas, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
3- Horticulture Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran; Research Group of Agroecology in Dryland Areas, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
(*- Corresponding Author Email: Asgariashkan6@gmail.com)

Received: 31 December 2023 Revised: 26 April 2024 Accepted: 29 April 2024 Available Online: 31 July 2024	**How to cite this article:** Rameshjan, Y., Asgari, A., & Abdollahi, F. (2024). Evaluation the Effects of Irrigation Periods and Chitosan as a Biological Elicitor on Onion (*Allium cepa* L.) Growth and Yield. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *22*(3), 291-309. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86155.1293

Introduction

Onion (*Allium cepa* L.) is a species of the Alliacea family. It is of great economic importance in Hormozgan province, Iran, which is ranked the second among the largest producers of onion in Iran in terms of cultivated area (8147 ha) (Agricultural statistics, 2021). Conventional Irrigation have undoubtedly helped in improving both bulb yield and quality of onion, but lately, it was arising many novel trends in Irrigation. Using of chitosan as an antiperspirant compound is one of these trends, as it can improve the water use efficiency (Geries *et al.*, 2020). Chitosan is a member of the polysaccharides which is considered a useful natural polymer and is produced by alkaline N-deacetylation of chitin. Ahmed *et al.* (2019) reported that positive effect of chitosan nanoparticles on onion, as it significantly promoted seed germination and radical length under salt stress. The best treatment on germination was 0.3% of nano chitosan. Growth variables (plant height, leaf area, fresh and dry weights of the shoot and root) were increased significantly. Nevertheless, data on the utilization of chitosan for onion are meager in Iran. In this way, this study was carried to consider the impact of irrigation periods and chitosan as a biological elicitor on onion cultivar of Taki yellow, uniquely the adjustment in yield and quality properties.

Materials and Methods

This study was carried out at the private farm in Sohrabi village, Shamil district, Hormozgan province, Iran, conducted during 2020-2021 growing season. The experiment was carried out as autumn planting. This experiment was conducted as split-plot arrangement based on a complete randomized block design with 3 replications. Treatments were three irrigation periods and three doses of chitosan as main and sub plot, respectively. In this experiment 3 irrigation periods (such as two days, four days and six days) and 3 doses of chitosan (including zero, 1000 and 2000 ppm) with constant density of 63 plants m^{-2} yield and yield components (such as mean onion weight, length and diameter, onion shape index and dry matter content) and harvest index of onion were measured.

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86155.1293

Results and Discussion

This study was conducted to assess the potential effects of irrigation periods and foliar spraying with chitosan, on the growth, yield quality of onion bulbs. In this experiment, nearly all measured traits were significantly ($P<0.01$) affected by irrigation periods and doses of chitosan. Results showed two forms of chitosan treatments (chitosan 1000 and 2000 ppm) were the most effective treatments for vegetative growth characters (plant height and Dry weight of shoot per plant), yield and its components (bulb dry matter %, bulb length, bulb diameter and total bulb yield) while chitosan at 0 ppm gives the highest values for harvest index in each irrigation periods. Also, results showed more irrigation (Two days) was the most effective treatments for vegetative growth characters, yield and its components. Therefore, according to these results, under deficit irrigation conditions, chitosan can reduce the effects of drought stress on onion more than No foliar application. In this regard, Shamekh, Jafari & Abdollahi (2021) the effect of proline, chitosan and its derivatives on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence indices, qualitative characteristics and yield of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under deficit irrigation conditions and these researchers reported in their studies that under deficit irrigation conditions, chitosan and its derivatives can reduce the effects of drought stress on tomatoes more efficiently than proline.

Conclusion

The obtained results indicated that foliar application with chitosan had an important role in promoting and improving plant vegetative growth, and this led to improve in yield and yield components of onion in higher irrigation periods (four days and six days). The examination inferred that using chitosan to deliver highest yield in good quality with great the economic benefit was gotten from foliar application at 2000 ppm.

Keywords: Bulb, Foliar application, Harvest index, Water stress

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص ۳۰۹-۲۹۱

ارزیابی اثرات دوره‌های آبیاری و کیتوزان به‌عنوان یک الیسیتور زیستی بر رشد و عملکرد پیاز (*Allium cepa* L.)

یونس رامش‌جان[1]، اشکان عسگری[2]*، فرزین عبدالهی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

چکیده

محدود بودن منابع آبی، چالش بزرگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در بخش کشاورزی است که بیشترین مقدار مصرف آب را دارد و با توجه به تقاضای روزافزون غذا، اجرای روش‌های مدیریتی که موجب استفاده کارآمد از منابع آبی و همچنین افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور این مطالعه با هدف بررسی تأثیر دور آبیاری و استفاده از کیتوزان به‌عنوان الیسیتور زیستی (استخراج‌گر زیستی) به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰ در استان هرمزگان انجام شد. فاکتور اصلی دور آبیاری (۲، ۴ و ۶ روز) و فاکتور فرعی محلول‌پاشی سه غلظت کیتوزان (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) انجام شد. صفات اندازه گیری‌شده در این مطالعه شامل ارتفاع بوته، ارتفاع سوخ، قطر سوخ، شاخص شکل سوخ، وزن خشک سوخ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، درصد ماده خشک سوخ، شاخص برداشت و عملکرد سوخ می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تأثیر دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود و اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان فقط در صفات وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت و عملکرد سوخ معنی‌دار بود. بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری‌شده در دور آبیاری دو روز مشاهده شد که در واقع نشان‌دهنده پاسخ مثبت گیاهان به کاهش فاصله زمانی آبیاری می‌باشد. همچنین درخصوص اثرات کیتوزان نیز با مصرف این ماده مقدار صفات اندازه‌گیری‌شده نسبت به شاهد افزایش یافت ولی اختلاف بین سطوح مصرف کیتوازن با یکدیگر در اکثر موارد معنی‌دار نبود. در بررسی اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان، بالاترین عملکرد سوخ به تیمار دور آبیاری دو روز با مصرف ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام کیتوزان با میانگین ۷۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و عملکرد در تیمار دور آبیاری دو روز با مصرف ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام کیتوزان دو برابر عملکرد تیمار شاهد بود. از طرف دیگر در دور آبیاری شش روز با مصرف ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام کیتوزان تحت شرایط تنش رطوبتی مقدار ۵۳۵۹۷ کیلوگرم در هکتار سوخ تولید شد که اثرات مثبت کاربرد کیتوزان در شرایط تنش رطوبتی را نشان می‌دهد. لذا کاربرد کیتوزان به‌عنوان الیسیتور زیستی می‌تواند تا حدی به حفظ توان تولیدی گیاه در شرایط محدودیت رطوبتی کمک کند و موجب افزایش عملکرد شود، اما نمی‌توان گفت کاربرد کیتوزان به‌صورت محلول‌پاشی در مزرعه از نظر اقتصادی قابل‌توجیه است و یا افزایش درآمد حاصل از عملکرد این هزینه را جبران می‌کند، زیرا قیمت این محصول علاوه‌بر صادرات و واردات پیاز، بسیار وابسته به عرضه و تقاضا است.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، سوخ، شاخص برداشت، محلول‌پاشی

مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L.) یک گیاه دوساله متعلق به خانواده Alliaceae (Mubarak & Hamdan, 2018) که یکی از قدیمی‌ترین سبزی‌های رایج در ایران است و سابقه طولانی در مصرف غذایی و دارویی داشته است. برخی از محققان بیان کردند که منشأ آن از ایران و افغانستان می‌باشد و علاوه‌بر این، در این دو کشور اهلی شده است (Mehta, 2017; Khokhar, 2017). این سبزی با تولید ۷۸ میلیون تن توسط ۲۰ کشور برتر دنیا، به‌عنوان یک محصول حیاتی تلقی می‌گردد (FAO, 2018). بر اساس آمار سازمان جهانی خواربار و کشاورزی[4] در سال ۲۰۲۰، ایران رتبه هفتم تولید پیاز در جهان را دارد. میانگین سطح زیر کشت پیاز ۷۱۰۰۰ هکتار و بر این

۱- دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان؛ هسته پژوهشی اگرواکولوژی در مناطق خشک، دانشگاه هرمزگان، ایران

۳- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: Asgariashkan6@gmail.com)

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86155.1293

4- Food and Agriculture Organization of the United Nations

اساس ایران سالانه بیش از دو میلیون تن پیاز تولید می‌کند (FAO, 2020) که ۵۰/۷ درصد از سطح زیر کشت و ۴۴/۴ درصد از کل تولید پیاز، در مناطق جنوبی کشور برداشت می‌شود و در بین استان‌ها، هرمزگان با سهمی معادل ۱۷/۷ درصد رتبه دوم از نظر سطح زیر کشت و با سهمی معادل ۱۳/۸ درصد رتبه چهارم از نظر میزان تولید در کشور را دارد. پایین بودن سهم این استان در تولید علی‌رغم سطح زیر کشت بالای پیاز در استان به دلیل پایین بودن عملکرد آن در هرمزگان (حدود ۳۵ تن در هکتار) در مقایسه با میانگین کشور (حدود ۴۵ تن در هکتار) می‌باشد (Agricultural statistics, 2021). بنابراین، استان هرمزگان بخش قابل‌توجهی از تولیدات این محصول را دربر دارد. در استان هرمزگان به دلیل کم آبی و پایین بودن کیفیت آب و همچنین کشاورزی این استان به‌طور جدی توسط تنش‌های غیرزیستی در دهه‌های اخیر با محدودیت مواجه شده است. تنش‌های غیرزیستی عمده شامل خشکی، گرما، سرما و تنش شوری می‌شود (Asim *et al.*, 2021; Gürel, Öztürk, & Uçarlı, 2016). این تنش‌ها به‌تنهایی یا در ترکیب با هم، کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را تهدید می‌کنند، علاوه بر این، تخمین زده می‌شود که ۵۰ درصد عملکرد عمده محصول تحت تأثیر این تنش‌های غیرزیستی قرار می‌گیرد (Singh, Singh, Singh, & Kumar, 2018). در شرایط خشکسالی، گیاهان قادر به دریافت رطوبت کافی برای رشد خود نیستند که بر پدیده‌های فیزیوبیوشیمیایی در گیاهان تأثیر می‌گذارد (Junaid, Chaudhry, & Gökçe, 2021). خشکسالی یا آب آبیاری ناکافی به‌عنوان یکی از رایج‌ترین عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی جهانی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین محدودیت منابع آبی در دسترس اغلب یک چالش اصلی در مناطق خشک جنوب ایران است. از طرف دیگر در بسیاری از نقاط جهان، تولید محصولات کشاورزی نیز به دلیل عرضه محدود آب یا کیفیت پایین آن کاهش یافته است (Turhan & Kuscu, 2020). همچنین افزایش دمای جهانی نیز منجر به کاهش زمین‌های کشاورزی به دلیل کمبود آب کافی برای کشت گیاهان می‌شود و بزرگ‌ترین تهدید برای بشریت و موجودات زنده محسوب می‌شود (Kazemi & Ghorbanpour, 2017; Mirajkar, Dalvi, Ramteke, & Suprasanna, 2019). این وضعیت پیچیده باعث ایجاد تضاد بین بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، خانگی و صنعت می‌شود. در بخش‌های مذکور، بخش کشاورزی که بیشترین استفاده را از منابع آبی دارد، مقدار زیادی از آن‌ها را هدر داده است (Ward & Pulido-Velazquez, 2008).

تنش‌های غیرزیستی و زیستی می‌توانند باعث کاهش بهره‌وری کشت پیاز شود (Ghodke, 2018). مطالعات نشان‌داده‌اند که کمبود آب بر تشکیل سوخ پیاز تأثیر منفی می‌گذارد که در نتیجه کیفیت و عملکرد آن را محدود می‌کند (Chaudhry, Gökçe, & Gökçe, 2020; Ghodke *et al.*, 2020). خوخر (Khokhar, 2017) نیز در مطالعات خود گزارش کرد که بوته‌های پیاز در طول تشکیل و بزرگ شدن سوخ نسبت به مرحله رویشی به تنش آبی حساس‌تر است. همچنین این محقق اظهار داشت عدم آبیاری در این مرحله رشد، منجر به کوتاه‌تر شدن دوره رشد پیاز، درصد کمتر جذب تشعشع و کارآیی کمتر تبدیل تشعشع به ماده خشک می‌شود و همه این‌ها باعث کاهش عملکرد پیاز می‌شود. بنابراین هرگونه اختلال در این مرحله پیامدهای مهمی دارد. علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzad, Bolandnazar, Neyshabouri, & Chaparzadeh, 2009) تأثیر دور آبیاری و استریل نمودن خاک را بر جذب فسفر و پتاسیم توسط گیاه پیاز را بررسی کردند. محمد و همکاران (Muhammad, Gambo, & Ibrahim, 2011) در بررسی واکنش پیاز به فواصل آبیاری و تراکم بوته نشان‌دادند دور آبیاری به‌طور معنی‌داری بر صفات کمی و کیفی پیاز تأثیرگذار می‌باشد.

باتوجه به محدودیت منابع آبی و وقوع تنش خشکی باید راهکاریی برای سازگاری و افزایش تحمل به خشکی در نظر گرفته شود. یکی از آن‌ها به‌کارگیری ترکیبات زیستی همچون کیتوزان می‌باشد. کیتوزان عضوی از پلی‌ساکاریدها است که به‌عنوان یک پلیمر طبیعی مفید در نظر گرفته می‌شود و دومین پلیمر طبیعی فراوان روی زمین است که جزئی از دیواره سلولی بسیاری از قارچ‌ها و حشرات و همچنین برخی از جلبک‌ها می‌باشد. کیتوزان برای اولین بار به‌عنوان یک محرک فعال‌کننده ژن‌هایی که زیربنای مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه هستند، طبقه‌بندی شد. کیتوزان را می‌توان در داخل و هم در خارج و هم در شرایط آزمایشگاهی استفاده کرد و می‌توان آن را روی اندام‌های هوایی گیاهان اسپری کرد تا تجمع متابولیت‌های ثانویه فعال زیستی را القا کند (Lei *et al.*, 2011; Yin, Fretté, Christensen, & Grevsen, 2012).

برخی از مطالعات نشان‌دادند که استفاده از کیتوزان به‌عنوان الیسیتور زیستی باعث بهبود قابل‌توجهی در پاسخ ایمنی گیاه از طریق القای فعالیت آنزیم دفاعی (Ghasemi Pirbalouti, Malekpoor, Salimi, & Golparvar, 2017)، افزایش محتوای فنلی کل (Chandra *et al.*, 2015)، تحریک سرعت فتوسنتزی (Ali *et al.*, 2021)، افزایش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها و جذب مواد معدنی (Arif, Siddiqui, & Hayat, 2022)، بسته شدن روزنه (سنتز ABA) و القای پرولین، قندها و اسیدهای آمینه (تنظیم اسمزی و حفظ فشار آماس سلولی) (Bakhoum, Sadak, & Tawfic, 2022) و کاهش تعرق (Ali *et al.*, 2021) و علاوه بر این، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و بیان ژن را القا می‌کنند.

الیسیتور[1] از ریشه Elicit به‌معنای بیرون کشیدن یا استخراج

1- Elicitor

کردن مشتق گردیده و معادل "استخراج‌گر" یک واژه تعریف‌شده علمی برای فاکتورهایی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تغییرات دفاعی قابل‌القا را در سیستم گیاهی مورد هدف قرار می‌دهد و منجر به فعال‌سازی دسته‌ای از مکانیزم‌های دفاعی و بیوسنتز مواد شیمیایی مفیدی می‌شود که در سازگاری گیاهان نسبت به شرایط پرتنش گیاه نقش اساسی دارند. به‌طور خلاصه الیسیتورها محرک‌های فیزیکی یا ترکیبات شیمیایی با منشا زیستی و غیرزیستی هستند که می‌توانند پاسخ‌هایی را در گیاه القا کنند که باعث سنتز و تجمع متابولیت‌های ثانویه مشابه و جدید در سلول‌ها شوند. الیسیتورها برای گیاه یک‌سری از پیام‌های شیمیایی را می‌فرستند که سبب رها شدن پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی و تجمع فیتوالکسین می‌شود. طی پاسخ به سیگنال الیسیتور، سیستم دفاعی گیاه فعال می‌شود و در نتیجه بیان ژن‌های دفاعی، متابولیت‌های ثانویه تجمع می‌یابند (Zhao, Fu, Han, & Lu, 2005). کاربرد الیسیتورها به‌میزان محدود و در غلظت‌های پایین، بیوسنتز ترکیبات خاصی را در سیستم سلولی زنده تحریک یا بهبود بخشیده و به‌طور کلی زمان دستیابی به مقادیر بالای متابولیت‌ها را کاهش می‌دهد (Radman, Saez, Bucke, & Keshavarz, 2003; Ramachandra & Rao, 2008). استخراج‌گری[1] تقریبا موثرترین راه‌کار عملی برای افزایش تولید ترکیبات ثانویه مطلوب در سیستم‌های گیاه، اندام و سلول است (Radman *et al.*, 2003; Ramachandra & Rao, 2008). الیسیتورها ممکن است ژن جدیدی را فعال کنند که می‌تواند آنزیم‌ها و در نهایت مسیرهای بیوسنتزی مختلفی را راه‌اندازی نموده و باعث تشکیل متابولیت‌های ثانویه شود (Zhang, Yan, Cheuk, & Wu, 2004; Howlett, 2006). شروع پاسخ‌های دفاعی در گیاه شبکه‌ای از انتقال سیگنال[2] را القا می‌کند که با تشخیص الیسیتور توسط پذیرنده‌های سطح سلول شروع می‌شود (Zhang, Mian, & Bouton, 2006).

احمد و همکاران (Ahmed, Ragab, Al-Araby, & Rehab, 2019) آزمایشی با هدف مشخص نمودن اثر نانوذرات کیتوزان بر رشد، عملکرد، کیفیت و قابلیت نگهداری پیاز بررسی کردند، این محققین در مطالعات خود اظهار کردند که به‌طور کلی استفاده از نانوکیتوزان موجب بهبود رشد، عملکرد، کیفیت و قابلیت نگهداری پیاز می‌شود. فاوزی و همکاران (Fawzy, El-Shal, Li YunSheng, Zhu OuYang, & Sawan, 2012) نیز به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی برخی از محرک‌های زیستی، اسیدهای آمینه، عصاره جلبک دریایی و کیتوزان بر رشد، عملکرد کل، کیفیت و برخی از ترکیبات شیمیایی گیاهان سیر چینی (*Allium Sativum* L.) آزمایشی را انجام دادند، نتایج این محققین نشان داد که محلول‌پاشی گیاهان سیر چینی با محرک‌های زیستی به‌ویژه اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی، عملکرد و کیفیت سیر چینی داشت. هاو و همکاران (Hao, Yang, Liang, Yu, & Liu, 2023) نیز آزمایشی با هدف تعیین اثرات کیتوزان بر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه برموداگراس (*Cynodon dactylon*) در پاسخ به تنش خشکی انجام دادند. در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی کارنوزین (۰/۰۳ درصد) یا کیتوزان (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش کیفیت، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی برگ و کاهش نشت الکترولیت، مالون آلدئید و محتوای پراکسید هیدروژن در مقایسه با شاهد شد. همچنین دووم و همکاران (Attaran Dowom, Karimian, Mostafaei Dehnavi, & Samiei, 2022) مطالعه‌ای با هدف بررسی اثر نانوذرات کیتوزان (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ppm) بر برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تشریحی گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis*) تحت رژیم‌های آبیاری متعدد انجام دادند. گزارش کردند نانوذرات کیتوزان پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مریم گلی را تحت تنش خشکی بهبود می‌بخشد. به نظر می‌رسد استفاده از نانوذرات آلی برای بهبود مقاومت به خشکی و ویژگی‌های تقاضای آب در گیاهان، یک استراتژی امیدوارکننده سازگار با محیط‌زیست برای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد. این محرک باعث کاهش هدایت الکترولیت (۳۵٪)، اما محتوای نسبی آب (۱۳٪)، کلروفیل کل (۶۳٪)، کاروتنوئیدها (۶۸٪)، فنل (۲۳٪)، فلاونوئید (۳۶٪)، قند محلول (۵۸٪) را افزایش داد. علاوه بر این، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز (۸۶٪)، پلی‌فنل اکسیداز (۷۳٪) و گایاکول پراکسیداز (۷۶٪) پس از مصرف کیتوزان برای کاهش اثرات کمبود آب افزایش یافت.

لذا باتوجه به اهمیت و نقش آب در تولید پیاز و اهمیت کاربرد کیتوزان در شرایط تنش‌های محیطی به‌عنوان الیسیتور زیستی و همچنین عدم پژوهش در این رابطه در ایران و به‌خصوص استان هرمزگان که با چالش کم‌آبی بیشتر درگیر هست این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دور آبیاری و محلول‌پاشی کیتوزان بر برخی صفات گیاه پیاز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری و تعیین اثرگذاری کیتوزان بر خصوصیات رشدی گیاه پیاز، پژوهشی در استان هرمزگان بخش شمیل شهرستان بندرعباس واقع در شمال شرق استان بین شهرستان میناب و بندرعباس با عرض جغرافیایی ۲۷/۴ درجه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ارتفاع ۵۴ متر از سطح دریا، اجرا گردید. این منطقه دارای تابستان بسیار گرم و زمستان نسبتا خنک است و فقط یک فصل (پاییز) می‌توان پیاز کشت کرد.

1- Elicitation
2- Signal transduction

تحقیق به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار که کرت‌های اصلی مربوط به دورهای آبیاری (۲، ۴ و ۶ روز) و کرت‌های فرعی مربوط به محلول‌پاشی کیتوزان (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm) بود، انجام شد. قبل از اجرای طرح به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت، مقدار عناصر غذایی همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم، ماده آلی خاک، pH و هدایت الکتریکی از عمق ۰تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌طور تصادفی نمونه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental soil (0-30 cm depth)

بافت Texture	شن Sand (٪)	رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	ماده آلی OM (٪)	کربن آلی OC (٪)	نیتروژن کل Total N (٪)	پتاسیم قابل‌دسترس Available K (ppm)	فسفر قابل‌دسترس Available P (ppm)	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	pH
شنی Sand	90.59	2.11	7.30	0.44	0.25	0.047	264	84.6	0.117	7.83

کشت به صورت سوخچه[1] انجام شد و انتقال سوخچه‌ها به زمین اصلی ۱۰ آذر ۱۳۹۹ و از پیاز برند تاکی (نام برند: تاکی، نام رقم: هیبرید گرانو سوپرکس، مدل و رنگ: زرد- روز کوتاه، مبدأ بذر: کشور ژاپن) در این آزمایش استفاده شد. وزن سوخچه‌ها در زمان کشت به‌طور متوسط ۱۱/۵ گرم و میزان سوخچه مصرفی در یک مترمربع ۷۱۳ گرم بود.

برای آماده‌سازی زمین اصلی در ابتدا شخم عمیق و سپس لولر، دیسک و درنهایت به کمک فاروئر ردیف‌های کاشت ایجاد شدند. ابعاد کرت‌های اصلی ۱۲×۹ متر، کرت‌های فرعی ۴×۳ متر و همچنین فاصله بین بلوک‌ها و کرت‌ها به‌ترتیب ۱۰۰ و ۷۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۶۲۰۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد عملیات داشت همچون کوددهی، آبیاری (تحت فشار با نوار تیپ) مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مرتب صورت گرفت.

کیتوزان مصرفی، تولید شرکت سیگما آلدریچ آلمان بود و محلول‌پاشی آن، ۰/۳ میلی‌گرم به‌ازای هر بوته پیاز در دو نوبت در فاصله ساعات ۶ تا ۸ صبح در یک روز بعد از سبزشدن ۱۰۰٪ بوته‌ها و همزمان با شروع مرحله سوخدهی بوته‌های پیاز اعمال شد (Rabêlo *et al.*, 2019) و بدین منظور زمان آغاز مرحله سوخدهی (به روش شاخص نسبت تشکیل سوخ[2]) (Pike, 1986)، در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد. برای ثبت زمان آغاز مرحله سوخدهی، ۳ بوته (۰/۰۵ بوته در مترمربع) به‌طور تصادفی از هرکرت انتخاب و از ۱۰ روز بعد از سبز شدن گیاهان تا هنگام محلول‌پاشی دوم به فواصل ۱۰ روز، حداکثر قطر غلاف و یا سوخ (بعد از تشکیل سوخ) و حداقل قطر گردن با استفاده از کولیس با دقت یک صدم میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در مراحل اولیه رشد گیاه، نسبت تشکیل سوخ حدود یک است، در هنگام تشکیل سوخ، قطر سوخ خیلی سریع افزایش و در نتیجه نسبت مزبور نیز زیاد می‌شود، وقتی این نسبت از ۲ بیشتر بود به‌عنوان زمان شروع تشکیل سوخ در نظر گرفته شد (Brewster, 1990) و دور دوم تیمارهای کیتوزان اعمال شدند (شروع مرحله سوخدهی)، و با محلول‌پاش دستی دو لیتری مدل SBC با امکان تنظیم فشار نازل، روی گیاهان مه‌پاشی شد (Rabêlo *et al.*, 2019). به‌طور متوسط برای هر گیاه ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول اختصاص یافت.

صفات اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه شامل ارتفاع بوته از سطح خاک تا نوک بزرگ‌ترین برگ، ارتفاع سوخ، قطر سوخ، شاخص شکل سوخ، وزن خشک سوخ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، درصد ماده خشک سوخ، شاخص برداشت و عملکرد سوخ بود. در پایان فصل رشد، قبل از برداشت نهایی برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد از هر واحد آزمایشی به اندازه نیم مترمربع نمونه‌برداری صورت گرفت. اجزای عملکرد شامل قطر سوخ، ارتفاع سوخ، درصد ماده خشک، شاخص شکل سوخ و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. قطر (مرکز سوخ که بیشترین قطر سوخ را دارد) و ارتفاع سوخ‌های بالغ، با استفاده از کولیس با دقت یک صدم میلی‌متر در ۱۰ سوخ از هر کرت، اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها در محاسبات به‌کار رفت. به‌منظور برآورد درصد ماده خشک، از هر واحد آزمایشی وزن تر ۱۰ سوخ ثبت شد و پس از خرد شدن به قطعات کوچک‌تر، در دمای ۷۵ درجه در آون طی ۷۲ ساعت خشک شدند. شاخص شکل سوخ پیاز یک صفت مهم بیولوژیکی و تجاری است. شکل سوخ پیاز بر قیمت، فرآوری، مقاومت در برابر بیماری‌ها و غیره تأثیر می‌گذارد و به همین دلیل یک ویژگی اقتصادی بسیار مهم است (Pavlović *et al.*, 2016). شاخص شکل سوخ از نسبت ارتفاع سوخ به قطر آن، به‌دست می‌آید (Pike, 1986). ارتفاع از سطح زمین تا نوک بزرگ‌ترین برگ از ۱۰ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شدند، در مرحله رسیدگی اندازه‌گیری شد. همچنین عملیات برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد سوخ، وزن خشک کل و شاخص برداشت پس از حذف دو ردیف کناری و ۵۰

1- Onion set
2- Bulbs

سانتی‌متر از انتهای هر ردیف به‌عنوان اثر حاشیه‌ای انجام گرفت. به‌منظور بررسی عملکرد سوخ، وزن سوخ‌های تر برداشت‌شده از نیم مترمربع بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد و در نهایت این مقدار به تن در هکتار تبدیل گردید. وزن خشک کل با جمع وزن خشک اندام هوایی و سوخ گیاهان نمونه تعیین شد و در نهایت این مقدار به تن در هکتار تبدیل گردید. شاخص برداشت به‌صورت نسبت وزن خشک کل سوخ به وزن خشک کل زیست‌توده و بر حسب درصد محاسبه شد.

در نهایت داده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel و مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه داده‌ها نشان‌داد که اثر اصلی دور آبیاری و کاربرد کیتوزان به‌ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد بر ارتفاع بوته پیاز معنی‌دار بود در حالی‌که برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بررسی اثر اصلی دور آبیاری بر ارتفاع حاکی از آن بود که بیشترین مقدار ارتفاع بوته در دور آبیاری دو روز با میانگین ۵۰/۶ سانتی‌متر به‌دست آمد البته اختلاف معنی‌دار با دور آبیاری چهار روز با میانگین ۴۸/۷ سانتی‌متر نداشت و کمترین مقدار نیز در تیمار دور آبیاری شش روز با میانگین ۴۵/۱ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). که علت این موضوع کمبود منابع آب در دسترس گیاه با توجه به فواصل آبیاری بیشتر باشد که موجب وقوع تنش خشکی در گیاه شده است. از طرف دیگر کاربرد کیتوزان موجب افزایش ارتفاع بوته‌های پیاز گردید به‌نحوی که بیشترین ارتفاع در تیمار کاربرد ۲۰۰۰ ppm کیتوزان با میانگین ۵۱/۵ سانتی‌متر مشاهده شد. قابل‌ذکر است که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار و حدود ۲۱ سانتی‌متر ارتفاع در این تیمار بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). مشابه این نتایج، گریز و همکاران (Geries, Omnia, & Marey, 2020) و زاید و همکاران (Zayed, Elkafafi, Zedan, & Dawoud, 2017) نشان دادند ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته پیاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد تمامی تیمارها کیتوزان قرار گرفتند و احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2019) نیز اظهار داشتند که گیاه تیمارشده با نانو کیتوزان با غلظت بالاتر (۱۲۰ پی‌پی‌ام) ، بیشترین ارتفاع بوته را داشت. نورگا و همکاران (Nurga, Alemayehu, & Abegaz, 2020) نیز در مطالعات تأثیر سطوح کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد پیاز، گزارش کردند که ارتفاع بوته پیاز در اوایل دوره رشد چندان تحت تأثیر میزان آب مصرفی نیست و این محققین دلیل این امر را ناشی از توانایی گیاه پیاز برای بازیابی از اثرات کمبود آب در مرحله اولیه رشد نسبت داده‌اند. گواندو و ادریس (Gwandu & Idris, 2016) نیز طی مطالعه‌ای اثر دور آبیاری را بر ویژگی‌های رشدی گیاه پیاز مورد بررسی قرار دادند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که فاصله آبیاری ۳ روزه به‌طور معنی‌داری بیشترین تعداد برگ، سرعت رشد محصول، وزن سوخ، عملکرد سوخ، عملکرد سوخ خشک شده و قطر سوخ را در هر دو فصل داشت. با این حال، افزایش تعداد روز بین فواصل آبیاری بر رشد و عملکرد پیاز به‌ویژه بین فاصله آبیاری ۷ روز تا ۹ روز تأثیر منفی گذاشت که نتایج مشابهی با مطالعه حاضر گزارش نمودند.

قطر سوخ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد، که در این آزمایش فقط اثر اصلی دور آبیاری بر قطر سوخ و در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با کاهش فاصله زمانی بین انجام عملیات آبیاری، مقدار قطر سوخ در این آزمایش افزایش یافت به‌طوری‌که دور آبیاری دو روز با میانگین ۶/۰۳ سانتی‌متر بیشترین و دور آبیاری شش روز با میانگین ۵/۰۶ سانتی‌متر کمترین مقدار قطر سوخ را داشتند و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود. (جدول ۳). محققین متعددی گزارش کردند که کاهش میزان آب مصرفی در طول دوره رشد پیاز به‌طور معنی‌داری باعث کاهش قطر و ارتفاع سوخ پیاز می‌شود (Zheng *et al.*, 2013; Enchalew *et al.*, 2016; Nurga *et al.*, 2020)، این محققین استدلال می‌کنند که دسترسی رطوبت کافی خاک منجر به ایجاد یک سطح فتوسنتز بزرگ (ارتفاع گیاه و تعداد زیاد برگ) در گیاه شده و در نتیجه قطر و ارتفاع سوخ پیاز را افزایش می‌یابد.

ارتفاع سوخ

ارتفاع سوخ تحت تأثیر معنی‌دار اثر اصلی دور آبیاری و کاربرد کیتوزان در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان‌داد که فاصله زمانی بین انجام آبیاری بیشتر تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ارتفاع سوخ در این آزمایش داشت. به‌نحوی که بیشترین (۵/۸۲ سانتی‌متر) و کمترین (۵/۱۹ سانتی‌متر) ارتفاع سوخ به‌عنوان یک صفت ظاهری به‌ترتیب در دور آبیاری دو روز و دور آبیاری ۶ روز مشاهده شد. همچنین تفاوت معنی‌دار بین دور آبیاری دو و چهار روز وجود نداشت در حالی‌که تفاوت بین دورهای آبیاری ۲ و ۶ روز معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و مقادیر کیتوزان بر صفات رویشی گیاه پیاز

Table 2- Analysis of variance for the effect of Irrigation period and chitosan on studied characteristics of Onion

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS									
		ارتفاع بوته Plant height	قطر سوخ Bulb diameter	ارتفاع سوخ Bulb height	شاخص شکل سوخ Bulb shape index	وزن خشک سوخ Dry weight of bulb per	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of shoot	وزن خشک کل Total dry weight of	درصد ماده خشک سوخ Percentage of dry matter of bulb	شاخص برداشت HI	عملکرد سوخ Bulb yield
بلوک Block	2	20.98 ^{ns}	0.0993 ^{ns}	0.1984 ^{ns}	0.0060 ^{ns}	4685.03 ^{ns}	853.12369	6311.0494 ^{ns}	1.4729 ^{ns}	3.7642 ^{ns}	1759106 ^{ns}
آبیاری Irrigation (Ir)	2	70.72*	2.1099**	0.9881*	0.0010 ^{ns}	170440.81 **	49038.46666 **	401634.7973 **	1.6514 ^{ns}	182.767**	1517056450**
خطای اصلی Error a	4	6.26	0.1043	0.0657	0.0024	1692.1	1254.41167	22363.6832	0.3123	8.0169	5061963
کیتوزان Chitosan	2	216.02**	0.5722 ^{ns}	0.7147*	0.0021 ^{ns}	44766.78 **	17323.66938 **	117740.9639 **	1.9081 ^{ns}	22.7257 ^{ns}	437505022**
آبیاری× کیتوزان Ch*Ir	4	35.03 ^{ns}	0.0573 ^{ns}	0.1749 ^{ns}	0.0104 ^{ns}	4637.37 ^{ns}	5484.20832**	4959.1920 ^{ns}	0.9021 ^{ns}	75.3097**	18942124*
خطای فرعی Error b	12	15.59	0.2081	0.1164	0.0064	2049.86	663.8204	3990.644	0.6339	6.0857	4817895
ضریب تغییرات CV (%)		8.2	8.3	6.1	7.7	11.3	6.3	8.8	11.0	5.0	3.9

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری و مقادیر کیتوزان بر صفات رویشی گیاه پیاز

Table 3- Mean comparison for the effect of Irrigation period and chitosan on studied characteristics of Onion

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر سوخ Bulb diameter (cm)	ارتفاع سوخ Bulb height (cm)	شاخص شکل سوخ Bulb shape index	وزن خشک سوخ Dry weight of bulb ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کل Total dry weight ($g.m^{-2}$)	درصد ماده خشک سوخ Percentage of dry matter of bulb (%)
آبیاری Irrigation							
2	50.6	6.03	5.82	1.02	553.58	1040.56	7.53
4	48.7	5.47	5.69	1.04	366.37	762.70	6.74
6	45.1	5.06	5.19	1.04	285.26	625.99	7.44
LSD	3.27	0.42	0.33	0.064	53.84	195.73	0.73
کیتوزان Chitosan							
0	42.5	5.25	5.25	1.02	471.99	695.97	7.10
1000	50.4	5.58	5.68	1.04	402.28	808.57	6.86
2000	51.5	5.74	5.78	1.05	330.94	924.72	7.75
LSD	4.05	0.46	0.35	0.082	46.502	64.884	0.81

همچنین نتایج مربوط به اثر اصلی کاربرد کیتوزان بر ارتفاع سوخ حاکی از آن بود که بیشترین میزان این صفت در محلول‌پاشی ۲۰۰۰ ppm کیتوزان و با میانگین ۵/۷۸ سانتی‌متر مشاهده شد هرچند که تفاوت معنی‌دار با غلظت ۱۰۰۰ ppm نداشت ولی تفاوت هر دو با شاهد معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج حاصل، به‌خوبی اثرات دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر صفت ارتفاع سوخ نشان داد، به‌نحوی که با کاهش فاصله زمانی انجام آبیاری مقدار صفت مورد مطالعه افزایش یافت و بیشترین مقادیر در دور آبیاری دو روز مشاهده شد که دلیل آن تأمین نیاز رطوبتی گیاه پیاز می‌باشد زیرا ریشه‌های این گیاه سطحی هستند و امکان دسترسی به رطوبت موجود در خاک‌های عمیق را ندارند لذا باید آبیاری به‌نحوی باشد که همواره لایه سطحی خاک مرطوب بوده و برای فراهم نمودن این امر باید فاصله زمانی آبیاری‌ها را کاهش یابد. همچنین با توجه به ریشه‌های سطحی پیاز، در بین تمام روش‌های مدیریتی آب، باید روشی انتخاب شود که قادر به تأمین نیاز آبی پیاز با این ویژگی‌های ریشه باشد. این گیاه به دلیل ریشه‌های سطحی و پراکنده، مستعد کمبود آب به‌ویژه ناشی از دفعات ناکافی آبیاری باشد که این موضوع می‌تواند بر رشد گیاه و راندمان مصرف آب تأثیر نامطلوب بگذارد (Wakchaure *et al.*, 2018). همچنین ثابت شده است که مقدار آب آبیاری بر عملکرد و کیفیت پیاز تأثیر می‌گذارد (Piri & Naserin, 2020). رامش‌جان (Rameshjan, 2023) نیز در مطالعات خود بیان کرد که کم بودن ارتفاع سوخ پیاز ناشی از پایین بودن سطح فتوسنتزی (تعداد برگ یا ارتفاع برگ) برای تولید محرک‌های سوخ‌دهی در زمان مناسب می‌باشد.

شاخص شکل سوخ

شکل سوخ پیاز، یک ویژگی مهم بازاریابی است. بازارهای صادرات و مصرف‌کنندگان شکل گرد (شاخص شکل سوخ برابر با ۱) سوخ پیاز را ترجیح می‌دهند. شکل سوخ را می‌توان از طریق استفاده از شاخص شکل سوخ به‌صورت بصری شناسایی کرد (Bosekeng, 2012). شاخص شکل سوخ از نسبت ارتفاع سوخ به قطر آن، به‌دست می‌آید (Pike, 1986). سوخ‌های با شاخص شکل سوخ ۱/۸±۰/۰۳ به‌عنوان یک سوخ تخت[1]، ۱/۳±۰/۰۵ سوخ مسطح[2]، ۱/۱±۰/۰۲ سوخ کروی[3] و آن‌هایی که دارای شاخص ۱ سوخ‌های گرد[4] طبقه‌بندی می‌شود (Bosekeng, 2012). اکستین و همکاران (Eksteen, Van Den Klashorst, & Van Ziji, 1997)، در مطالعات خود گزارش کردند که افزایش شاخص شکل سوخ بالاتر از ۱/۲ و پایین‌تر از ۰/۸ به‌عنوان شکل‌های نامطلوب در نظر گرفته می‌شود. در این آزمایش نتایج تجزیه واریانس شاخص شکل سوخ نشان داد تیمارهای دور آبیاری و کاربرد کیتوزان تأثیر معنی‌دار بر مقدار شاخص شکل سوخ نداشتند (جدول ۲). بنابراین عدم تفاوت معنی‌داری واریانس شاخص شکل سوخ پیاز در بین تیمارهای تحقیق نشان‌دهنده یک شکل بودن سوخ‌ها در بین تیمارهای تحقیق است و شاخص شکل سوخ رقم (تاکی) کشت‌شده تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری و کاربرد کیتوزان و همچنین اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفته است و به‌طور متوسط میزان شاخص شکل سوخ در بین تیمارهای آزمایش ۱/۰۴ بود.

وزن خشک سوخ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک سوخ ($g.m^{-2}$) در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر اثر اصلی دور آبیاری و مصرف کیتوزان قرار گرفت در حالی‌که اثر برهمکنش این دو عامل بر وزن خشک ($g.m^{-2}$) سوخ معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک سوخ در دور آبیاری دو روز با میانگین ۵۵۳ گرم در مترمربع و کمترین مقدار در دور آبیاری شش روز با میانگین ۲۸۵ گرم در مترمربع مشاهده شد که این نتایج بیانگر کاهش معنی‌دار وزن سوخ با افزایش فاصله زمانی آبیاری بود (جدول ۳).

با محلول‌پاشی کیتوزان، مقدار وزن سوخ افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین مقدار در تیمار کیتوزان ۲۰۰۰ ppm با میانگین وزن ۴۷۲ گرم در مترمربع حاصل شد که اختلاف آن با تیمار ۱۰۰۰ ppm (۴۰۲ گرم درمترمربع) و شاهد (۳۳۱ گرم در مترمربع) معنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین، مصرف کیتوزان موجب افزایش وزن خشک سوخ نسبت به شاهد گردید، که این نیز ممکن است ناشی از برتری قدرت رشد گیاهچه‌های به دلیل مصرف کیتوزان باشد که به دنبال آن موجب افزایش توانایی مقابله با تنش آب شده (Rhaman, Rauf, Tania, & Khatun, 2020) و از سوی دیگر موجب افزایش قدرت فتوسنتزی (Rameshjan, 2023) گیاه گردید و در مجموع مصرف کیتوزان باعث کاهش اثرات منفی این تنش‌ها بر تولیدات گیاه شده که در نهایت منجر به عملکرد بالاتر این محصول گردد. گزارش شده است که وزن خشک سوخ و عملکرد پیاز به کمبود آبیاری بسیار حساس است (Rao, Laxman, & Shivashankara, 2016) و زمانی‌که رطوبت خاک کمتر از ظرفیت زراعی باشد، باعث کاهش عملکرد سوخ می‌شود (Bekele & Tilahun, 2007). تنش‌های غیرزیستی مانند تنش رطوبتی می‌تواند باعث کاهش بهره‌وری در

1- Flat Bulb
2- Flatten Shape
3- Nearly Bulb
4- Round Bulbs

کشت پیاز شود (Ghodke, 2018). کمبود آب بر تشکیل سوخ پیاز تأثیر منفی می‌گذارد که در نتیجه کیفیت و عملکرد آن را مختل می‌کند (Chaudhry *et al*., 2020; Ghodke *et al*., 2020). علاوه بر این، رامان و همکاران (Rhaman *et al*., 2020) نیز در مطالعات خود گزارش کردند که عملکرد ضعیف محصولاتی مانند پیاز که در معرض تنش رطوبتی قرار دارند، به دلیل اثرات منفی این تنش‌ها بر قدرت رشد گیاهچه باشد که در نهایت منجر به عملکرد ضعیف این محصول می‌شود. همچنین این محققین در مطالعات خود اظهار کرد، برای تقویت رشد گیاهچه، شیوه‌های مختلف فیزیولوژیکی (مانند: پرایمینگ، محلول‌پاشی مواد ضد تعرق) و غیرفیزیولوژیکی (تغییر روش و تاریخ کشت) برای استقرار بهتر و سریع‌تر گیاهچه و افزایش عملکرد و همچنین برای مقابله با محدودیت‌های محیطی مانند تنش‌ها موجود است (Rhaman *et al*., 2020).

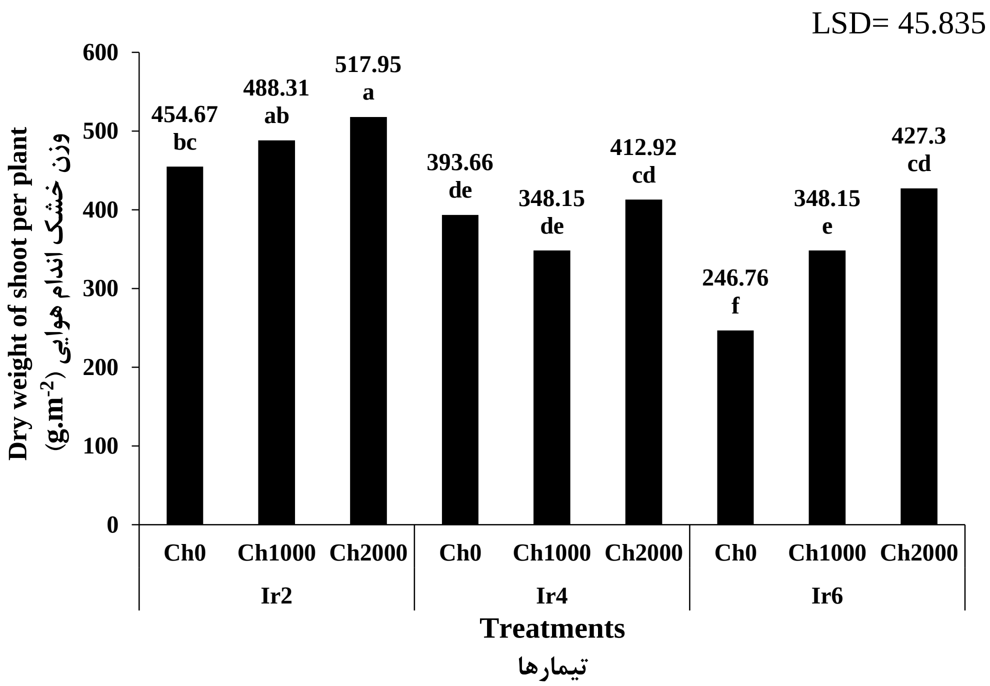
وزن خشک اندام‌های هوایی

بین تیمارهای مختلف دور آبیاری و مصرف کیتوزان اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که اثرات اصلی دورآبیاری و مصرف کیتوزان و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی (وزن خشک غلاف و برگ‌ها) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مربوط به اثرمتقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان نشان‌داد که در هر دور آبیاری با افزایش غلظت کیتوزان، وزن خشک اندام هوایی ($g.m^{-2}$) افزایش یافت و این افزایش برای غلظت ppm ۲۰۰۰ در دورهای آبیاری ۲ و ۶ روز معنی‌دار بود. بنابراین، محلول‌پاشی کیتوزان تاحدی باعث کاهش اثرات منفی ناشی از آبیاری کمتر (دورهای آبیاری چهار روزه و شش روزه) بر وزن خشک اندام هوایی شده، به گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی در دور آبیاری شش روزه و عدم محلول‌پاشی ($Ir_6 \times Ch_0$) ۴۰٪ نسبت به تیمار دور آبیاری شش روزه و محلول‌پاشی ppm ۲۰۰۰ ($Ir_6 \times Ch_{2000}$) کاهش یافته است. یا به عبارت دیگر، در دورهای آبیاری بیشترین وزن خشک اندام هوایی با مصرف کیتوزان حاصل گردد به نحوی که تا حد بسیار زیادی اثرات افزایش دور آبیاری را جبران نموده است. به‌طوری‌که وزن خشک اندام هوایی در تیمار دور آبیاری شش روز با مصرف ppm ۲۰۰۰ کیتوزان ($Ir_6 \times Ch_{2000}$) بیشتر (۴۲۷ گرم در مترمربع) از مقدار آن در تیمار دور آبیاری چهار روز با عدم مصرف کیتوزان ($Ir_4 \times Ch_0$) (۳۹۴ گرم در مترمربع) بود. در مجموع بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۵۱۸ گرم در مترمربع) در تیمار تلفیقی دور آبیاری دو روز با مصرف ppm ۲۰۰۰ کیتوزان ($Ir_2 \times Ch_{2000}$) مشاهده شد (شکل ۱). مشابه این نتایج گریز و همکاران (Geries *et al*., 2020) نیز نشان دادند که شاخص‌های رشدی پیاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد تمامی تیمارها کیتوزان قرار گرفتند این محققین اظهار داشتند که گیاهان تیمارشده با نانوکیتوزان با غلظت بالاتر (ppm ۱۲۰)، بالاترین میزان شاخص رشد را داشتند، این محققین دلیل این امر را به کاهش اثرات تنش غیرزیستی بر گیاهان (مانند تنش خشکی)، با افزایش آنزیم‌های کلیدی مربوط به بسته شدن روزنه‌های گیاه و در نتیجه کاهش هدررفت آب نسبت داده‌اند. رامش‌جان (Rameshjan, 2023) نیز در مطالعات خود بیان کرد که تنش‌های محیطی باعث ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی در گیاه پیاز شده که به دنبال آن کاهش تولید مواد فتوسنتزی و سطح برگ می‌شود که علاوه بر کاهش وزن خشک اندام هوایی موجب عملکرد پایین سوخ نیز می‌شود. از سوی دیگر، رشد مرحله جوانی پیاز در مقایسه با سایر محصولات آهسته است (Brewste, 1979). بنابراین هرگونه اختلال ناشی از تنش در این مرحله پیامدهای مهمی دارد. در نتیجه، طول مرحله جوانی در پیاز علاوه بر ژنتیک گیاه به شرایط محیطی نیز بستگی دارد. که هر دو این عوامل بر سرعت فتوسنتز، تجمع مواد جذب‌شده در اندام‌های هوایی تاثیر داشته، که مقدار مواد ذخیره‌شده در دسترس برای عملکرد سوخ موفق را تنظیم می‌کنند (Kamenetsky & Rabinowitch, 2006).

وزن خشک کل

نتایج تجزیه واریانس داده نشان‌داد که وزن خشک کل به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر اصلی دور آبیاری و مصرف کیتوزان قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که میانگین وزن خشک کل ($g.m^{-2}$) با کاهش دور آبیاری افزایش یافت هرچند بین دورهای آبیاری ۶ و ۴ روز تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. بیشترین مقدار این صفت در دور آبیاری دو روز با میانگین ۱۰۴۱ گرم در مترمربع مشاهده شد که با سایر سطوح آبیاری تفاوت معنی‌دار داشت. این نتایج نشان‌داد که کاهش دور آبیاری از ۶ به ۲روز باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک کل بوته به میزان ۶۱/۵ درصد می‌شود (جدول ۳). محمود و همکاران (Muhammad *et al*., 2011) واکنش پیاز به فواصل آبیاری و تراکم بوته مورد بررسی قرار دادند نتایج این محققین نشان داد که بیشترین میانگین قطر سوخ، میانگین وزن سوخ و عملکرد نهایی به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) در فواصل آبیاری در ۳ و ۶ روز به‌دست آمد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد به‌عبارتی کمترین فاصله زمانی موجب دستیابی به تولید بیشتر محصول در گیاه پیاز گردید. یکی دیگر از مطالعاتی که نتایج مشابهی را گزارش کردند مربوط به تادسه و همکاران (Tadesse, Sharma, & Ayele, 2022) می‌باشد که اثر فاصله آبیاری و میزان نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد پیاز مورد ارزیابی قرار دادند پارامترهای رشد، اجزای عملکرد و عملکرد کلی پیاز با فواصل آبیاری ۳ و ۶ روزه (که از نظر آماری مشابه بودند) به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از فواصل آبیاری ۹ و ۱۲ روز بود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر وزن خشک اندام هوایی. Ir2، Ir4 و Ir6 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه دور آبیاری دو روزه، چهار روزه و شش روزه هستند. Ch0، Ch1000 و Ch2000 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه غلظت کیتوزان صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm هستند.
***- میانگین‌های دارای حروف مشترک هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**
Figure 1- Mean comparisons of the interaction effect of Irrigation period and chitosan consumption on the dry weight of shoot per onion plant. Ir2, Ir4, and Ir6 represent three irrigation intervals of two days, four days, and six days, respectively. Ch0, Ch1000 and Ch2000 represent the three concentrations of chitosan zero, 1000 and 2000 ppm, respectively.
***- Means with same letter(s) each column has not significant difference based on LSD test at 5% probability level.**

همچنین مصرف کیتوزان نیز موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل نسبت به شاهد شد و با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد (۶۹۶ گرم در مترمربع) مقادیر بیشتر وزن خشک کل در تیمارهای مصرف کیتوزان (۹۲۵ و ۸۰۹ گرم در مترمربع) به‌دست آمد. به‌طوری‌که مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان موجب افزایش ۲۶ درصدی وزن خشک کل بوته نسبت به عدم مصرف کیتوزان گردید (جدول ۳). بنابراین، مصرف این ماده موجب افزایش مقادیر اکثر صفات مورد مطالعه گردید و همچنین برهمکنش کیتوزان و دور آبیاری نشان داد که با مصرف این ماده گیاه می‌تواند در دورهای آبیاری بیشتر، محصول قابل‌قبولی تولید نماید که این امر به دلیل اثرات کیتوزان بر گیاه از طریق کاهش تلفات آب و سایر مکانیسم‌های ایجادشده در گیاه می‌باشد. کیتوزان یک پلی‌ساکارید مهم است و به دلیل فعالیت بیولوژیکی و ایمنی آن در فرآیندهای کشاورزی، نقشی محوری در زندگی انسان ایفا می کند (Hafez *et al.*, 2020). هنگامی‌که کیتوزان در کشت گیاهان استفاده می‌شود، می‌تواند اثرات تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی را کاهش دهد و منجر به بهبود رشد گیاهان شود (Wang *et al.*, 2003). کیتوزان با اصلاح خواص فیزیکوشیمیایی و بیوفیزیکی خود به‌طور گسترده برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ترکیبات مبتنی بر کیتوزان اخیراً طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های تنظیمی را در گیاهان نشان داده‌اند (Malerba & Cerana, 2019). پاسخ فیزیولوژیکی را افزایش داده و اثر نامطلوب تنش‌های غیرزیستی را از طریق مسیر انتقال تنش از طریق پیام‌رسان (های) ثانویه کاهش می‌دهد. تیمار کیتوزان باعث تحریک سرعت فتوسنتز، بسته شدن روزنه از طریق سنتز ABA می‌شود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را از طریق مسیرهای سیگنال‌دهی اکسید نیتریک و پراکسید هیدروژن تقویت می‌کند و باعث تولید اسیدهای آلی، قندها، اسیدهای آمینه و سایر متابولیت‌هایی می‌شود که برای تنظیم اسمزی، سیگنال‌دهی استرس و متابولیسم انرژی در شرایط تنش لازم هستند (Hidangmayum, Dwivedi, Katiyar, & Hemantaranjan, 2019).

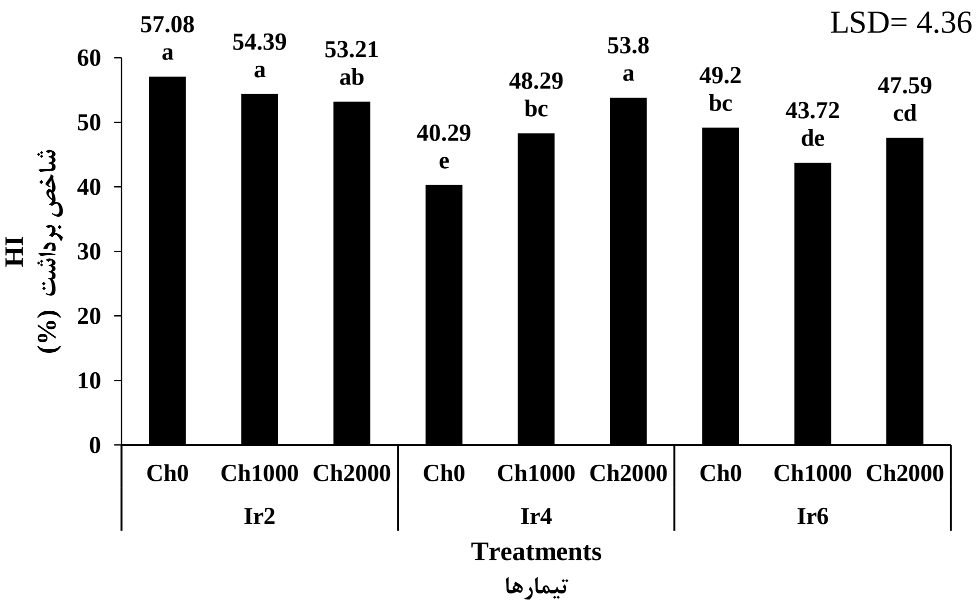
درصد ماده خشک سوخ

درصد ماده خشک سوخ براساس وزن تر و خشک محاسبه گردید و نتایج حاکی از آن بود که در این آزمایش تیمارهای دور آبیاری و مصرف کیتوزان تأثیر معنی‌دار بر مقدار درصد ماده خشک سوخ نداشتند و تفاوتی بین سطوح مختلف تیمارها مشاهده نگردید (جدول ۲).

شاخص برداشت سوخ

در این آزمایش میانگین شاخص برداشت سوخ به‌طور معنی‌دار در سطح یک درصد تحت تأثیر دور آبیاری و اثر متقابل دور آبیاری و کیتوزان قرار گرفت (جدول ۲).

همچنین در مورد نتایج اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان مشاهده شد که به‌جز دور آبیاری ۴ روز در سایر دورهای آبیاری کاربرد کیتوزان باعث کاهش شاخص برداشت سوخ می‌شود که این موضوع احتمالا به دلیل تحریک رشد رویشی باشد و بیشترین مقدار شاخص برداشت (با میانگین ۵۷/۰۸ درصد) در تیمار دور آبیاری دو روز و شاهد ($Ir_2 \times Ch_0$) حاصل شد ولی اختلاف آن با سایر سطوح کیتوزان در دور آبیاری دو روز ($Ir_2 \times Ch_{1000}$ و $Ir_2 \times Ch_{2000}$) معنی‌دار نبود همچنین اختلاف آن با تیمار دور آبیاری چهار روز و مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان نیز معنی‌دار نبود. (شکل ۲). بنابراین می‌توان با آبیاری، دوره‌های آبیاری کوتاه موجب افزایش قابل‌توجه شاخص برداشت پیاز شد، با این حال محلول‌پاشی کیتوزان تأثیری نوسان‌دار بر شاخص برداشت پیاز داشت. به‌گونه‌ای که به‌نظر می‌رسد، آبیاری زودهنگام پیاز همراه با مصرف کیتوزان سبب تخصیص بخش اعظم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوای مانند برگ، غلاف و حتی ساقه شود (در دور آبیاری دو روزه (Ir_2)) و تاخیر چهار روزه آبیاری، سبب کاهش میزان شاخص برداشت پیاز می‌شود که می‌توان با محلول‌پاشی کیتوزان این کاهش شاخص برداشت را جبران کرد و به دنبال آن تخصیص بیشتر این مواد به سوخ شده که سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود. از سوی دیگر شاخص برداشت بالاتر (۴۹٪) در دور آبیاری شش روزه و عدم محلول‌پاشی ($Ir_6 \times Ch_0$) می‌تواند به‌دلیل پایین بودن وزن خشک اندام‌های هوایی باشد (شکل ۱).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر شاخص برداشت. Ir2، Ir4 و Ir6 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه دور آبیاری دو روزه، چهار روزه و شش روزه هستند. Ch0، Ch1000 و Ch2000 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه غلظت کیتوزان صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm هستند.

***- میانگین‌های دارای حروف مشترک هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**

Figure 2- Mean comparisons of the interaction effect of Irrigation period and chitosan consumption on the HI. Ir2, Ir4, and Ir6 represent three irrigation intervals of two days, four days, and six days, respectively. Ch0, Ch1000 and Ch2000 represent the three concentrations of chitosan zero, 1000 and 2000 ppm, respectively.

***- Means with same letter(s) each column has not significant difference based on LSD test at 5% probability level.**

همچنین ممکن است پایین بودن شاخص برداشت در تیمارهای محلول‌پاشی کیتوزان ($Ir_6×Ch_{1000}$ و $Ir_6×Ch_{2000}$) ناشی از عملکرد بالاتر این تیمارها باشد، که گیاهان حاصل از محلول‌پاشی به علت فراهم بودن سطح برگ در زمان مناسب و امکان تغذیه بیشتر آن‌ها را فراهم آورده و قادر به تجمع میزان بیشتری از مواد فتوسنتزی در قسمت زیرزمینی خود در طی فصل رشد بوده‌اند. مطالعات فراوانی اثرات کیتوزان را بر گیاهان مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج اکثر مطالعات انجام‌شده تأثیرات مثبت کیتوزان بر خصوصیات رشدی گیاه دارد و در واقع به نوعی نتایج مطالعه حاضر را نیز تایید می‌کنند. گزارش‌ها نشان داد مصرف کیتوزان تعرق گیاه را در گیاه فلفل را کاهش داد، که منجر به کاهش ۲۶-۴۳٪ در مصرف آب بدون کاهش عملکرد شد (Bittelli, Flury, Campbell, & Nichols, 2001). این نتایج نشان داد که کیتوزان ممکن است یک ضدتعرق موثر برای کاهش مصرف آب آبیاری در کشاورزی باشد. کیتوزان به‌عنوان ترکیب ضدتعرق از طریق محلول‌پاشی در بسیاری از گیاهان استفاده می‌شود و در نتیجه مصرف آب را کاهش می‌دهد و از سایر اثرات منفی محافظت می‌کند. تیمار کیتوزان در شبدر سفید (*Trifolium repens*) (پیش‌تیمارشده با محلول Hoagland حاوی ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر کیتوزان، ۲ روز قبل از القای تنش کم‌آبی) باعث کاهش تنش خشکی و افزایش تولید متابولیت‌های محافظ تنش شد (Li *et al*., 2017).

عملکرد سوخ

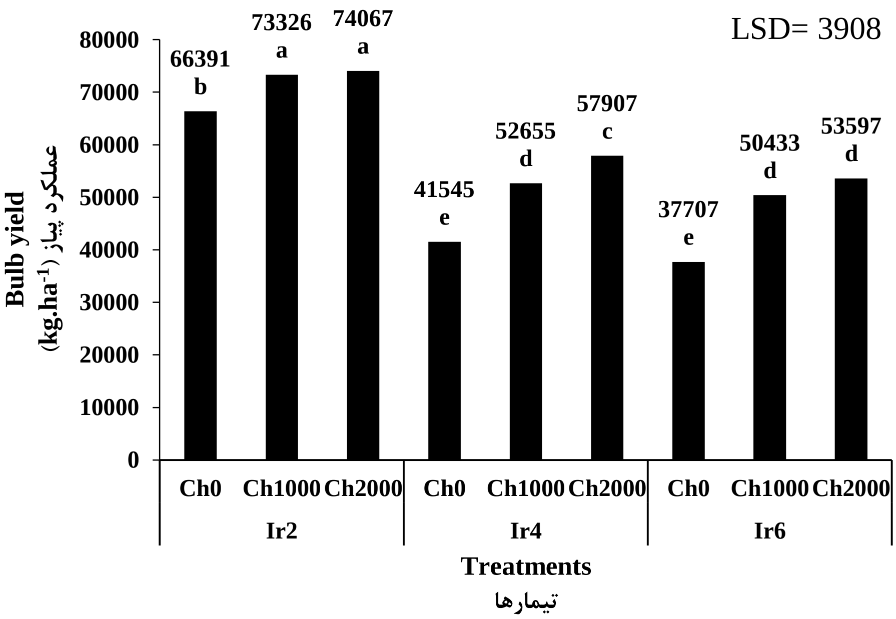
اثر اصلی دورهای مختلف آبیاری و سطوح کیتوزان در سطح آماری یک درصد و اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر عملکرد سوخ در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

در بررسی اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان، مشاهده شد که کاربرد کیتوزان در هر دور آبیاری باعث افزایش معنی‌دار عملکرد سوخ در مقایسه با شاهد می‌شود. همچنین در کلیه سطوح دور آبیاری، بیشترین عملکرد در تیمار مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان حاصل گردید که به‌جز در دور آبیاری ۴ روز در دو سطح آبیاری دیگر تفاوت معنی‌دار با غلظت ۱۰۰۰ ppm نداشت. بالاترین عملکرد سوخ (با میانگین ۷۴۰۶۶ کیلوگرم در هکتار) به دور آبیاری دو روز با مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان ($Ir_2×Ch_{2000}$) تعلق داشت. کمترین عملکرد سوخ (با میانگین ۳۷۷۰۶ کیلوگرم در هکتار) نیز در دور آبیاری شش روز با عدم مصرف کیتوزان ($Ir_6×Ch_0$) به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر محصول تولیدشده در دور آبیاری دو روز با مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان دو برابر تیمار مذکور بود. از طرف دیگر در دور آبیاری شش روز با مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوزان ($Ir_6×Ch_{2000}$) تحت شرایط تنش رطوبتی مقدار ۵۳۵۹۷ کیلوگرم در هکتار سوخ تولید شده است که اثرات مثبت کاربرد کیتوزان در شرایط کاهش رطوبت خاک را به‌خوبی نشان می‌دهد و اختلاف معنی‌دار آن با شاهد ($Ir_6×Ch_0$) در همان دور آبیاری (۳۷۷۰۶ کیلوگرم در هکتار) تاییدی بر این موضوع می‌باشد (شکل ۳). محلول‌پاشی کیتوزان با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در لوبیا چشم‌بلبلی باعث بهبود پارامترهای رشد و عملکرد در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش شد (Farouk & Amany, 2012). مشاهدات مشابهی در مورد مقاومت به خشکی ناشی از کیتوزان در برنج (Boonlertnirun, Sarobol, Meechoui, & Sooksathan, 2007) وجود دارد.

محققین متعددی گزارش کردند که کاربرد خاکی و برگی کیتوزان در گیاهان *Triticum aestivum* (Behboudi *et al*., 2019)، *Catharanthus roseus* (Ali *et al*., 2021)، *Zea mays* L. (Rabêlo *et al*., 2019) موجب کاهش اثرات نامطلوب خشکسالی از طریق افزایش غلظت کلروفیل، سرعت فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای نسبی آب (RWC)، در نهایت عملکرد و زیست‌توده می‌گردد (Attaran Dowom *et al*., 2022).

عبدالله و همکاران (Abdelaal *et al*., 2021) طی مطالعه‌ای، کیتوزان (۳۰۰ میلی‌مولار) و عصاره مخمر (۸ گرم در لیتر) را برای بهبود عملکرد گیاه سیر در شرایط خشکی (یعنی ۷۵ و ۵۰ درصد آبی) مورد آزمایش قرار دادند. کاهش معنی‌داری در تعداد برگ در بوته و ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، محتوای نسبی آب و غلظت کلروفیل a و b در گیاه سیر تحت تنش در هر دو فصل مشاهده شد. ولی استفاده از عصاره مخمر (۸ گرم در لیتر) یا کیتوزان (۳۰۰ میلی‌مولار) به‌صورت جداگانه یا ترکیبی منجر به افزایش قابل‌توجه خصوصیات مورد مطالعه در گیاهان سیر تحت تنش شد (Abdelaal *et al*., 2021). گزارش شده که استفاده از کیتوزان می‌تواند تعداد برگ‌ها، ارتفاع گیاه و محتوای کلروفیل را در طول تنش (عمدتاً خشکی) با افزایش وضعیت عناصر غذایی و سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان افزایش دهد (Pongprayoon, Roytrakul, Pichayangkura, & Chadchawan, 2013; Islam, Kabir, Mamun, Islam, & Das, 2018). محلول‌پاشی کیتوزان منجر به افزایش عملکرد، جذب مواد مغذی و غلظت کلروفیل شد (Ahmed, Khan, Siddiqui, & Jahan, 2020). احمد و همکاران (Ahmed *et al*., 2020) گزارش داد که کیتوزان (۴ و ۶ میلی‌لیتر در لیتر) منجر به بهبود بهره‌وری و ذخیره‌سازی گیاهان سیر شد. بررسی مطالعات مختلف به‌خوبی اثرات مثبت کیتوزان بر رشد گیاهان به‌خصوص در شرایط تنش رطوبتی را نشان داد که مطالعه حاضر نیز نتایج مشابهی در مورد اثرات کیتوزان به همراه داشت. در این خصوص شامخ، و همکاران (Shamekh, Jafari & Abdollahi, 2021) اثر تعدیل‌کنندگی پرولین، کیتوزان و مشتقات آن بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، شاخص‌های کلروفیل

فلورسانس، ویژگی‌های کیفی و عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط کم‌آبیاری را مورد مطالعه قرار دادند و این محققین در مطالعات خود گزارش کردند در شرایط کم‌آبیاری، کیتوزان و مشتقات آن با کارایی بیشتری در مقایسه با پرولین می‌توانند اثرات تنش خشکی بر گوجه‌فرنگی را کاهش دهند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و مصرف کیتوزان بر عملکرد پیاز. Ir2، Ir4 و Ir6 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه دور آبیاری دو روزه، چهار روزه و شش روزه هستند. Ch0، Ch1000 و Ch2000 به‌ترتیب نشان‌دهنده سه غلظت کیتوزان صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm هستند.

***- میانگین‌های دارای حروف مشترک هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.**

Figure 3- Mean comparisons of the interaction effect of Irrigation period and chitosan consumption on the bulb yield. Ir2, Ir4, and Ir6 represent three irrigation intervals of two days, four days, and six days, respectively. Ch0, Ch1000 and Ch2000 represent the three concentrations of chitosan zero, 1000 and 2000 ppm, respectively

***- Means with same letter(s) each column has not significant difference based on LSD test at 5% probability level.**

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاهش دور آبیاری یا بازه زمانی انجام آبیاری در گیاه پیاز موجب بهبود صفاتی همچون ارتفاع بوته، ابعاد سوخ، وزن تر و خشک سوخ، وزن اندام هوایی، ماده خشک، شاخص برداشت و مهم‌تر از همه عملکرد سوخ گردید و در طرف مقابل با افزایش فاصله زمانی آبیاری به شش روز مقدار صفات به شدت دچار کاهش شدند. نتایج تأثیر مصرف کیتوزان نیز حاکی از آن بود که مصرف این ماده در مقایسه با عدم مصرف، موجب بهبود مقدار صفات مورد بررسی گردید. در مورد اثرات متقابل نیز بیشترین مقادیر صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد سوخ در تمام دورهای آبیاری در شرایط مصرف ۲۰۰۰ ppm کیتوازن حاصل گردید و نسبت به شاهد مقادیر بیشتری را به همراه داشتند و این افزایش در دور آبیاری شش روز بیشتر از سایر دورهای آبیاری بود.

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده و اثرگذاری معنی‌دار تیمارهای دور آبیاری و مصرف کیتوازن که اثرات اصلی و اثرات متقابل آن‌ها بر اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود می‌توان نتیجه گرفت که دور آبیاری به‌خصوص در شرایط محیطی این مطالعه بسیار با اهمیت بود و باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین با مصرف کیتوزان می‌توان تا حدی دور آبیاری را افزایش داد و از طرف دیگر در شرایط محدودیت منابع آبی مصرف کیتوزان نقش مهمی در حفظ تولید محصول پیاز خواهد داشت. بنابراین، با توجه به هزینه مصرف کیتوزان و نتایج به‌دست‌آمده تمام تیمارهای کیتوزان ۱۰۰۰ ppm (به‌جز در دور آبیاری چهار روزه) در یک دور آبیاری ثابت (دور آبیاری دو روزه و شش روزه) عملکرد قابل‌قبولی تولید کرده و به لحاظ آماری با تیمار کیتوزان ۲۰۰۰ ppm تفاوت معنی‌داری ندارد و می‌توان تیمار کیتوزان ۱۰۰۰ppm را برای هر یک از دورهای (دور آبیاری دو روزه و شش روزه) آبیاری توصیه کرد، البته به دلیل اختلاف معنی‌داری که بین تیمارهای میزان مصرف کیتوزان در دور آبیاری چهار روزه می‌باشد نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

References

1. Abdelaal, K., Attia, K. A., Niedbała, G., Wojciechowski, T., Hafez, Y., Alamery, S., & Arafa, S. A. (2021). Mitigation of drought damages by exogenous chitosan and yeast extract with modulating the photosynthetic pigments, antioxidant defense system and improving the productivity of garlic plants. *Horticulturae*, *7*(11), 510. https://doi.org/10.3390/horticulturae7110510
2. Agricultural statistics of the crop year 2020-2021, first volume: Crops. Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center, 2021. (in Persian).
3. Ahmed, K. B. M., Khan, M. M. A., Siddiqui, H., & Jahan, A. (2020). Chitosan and its oligosaccharides, a promising option for sustainable crop production-a review. *Carbohydrate Polymers*, *227*, 115331. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115331
4. Ahmed, M. E. M., Ragab, M. E., Al-Araby, A. A., & Rehab, M. (2019). Effect of nano particles of chitosan, calcium and copper on growth, yield, quality and storability of onion (*Allium cepa* L.). 9th International Conference for Sustainable Agricultural Development 4-6 March.
5. Ali, E. F., El-Shehawi, A. M., Ibrahim, O. H. M., Abdul-Hafeez, E. Y., Moussa, M. M., & Hassan, F. A. S. (2021). A vital role of chitosan nanoparticles in improvisation the drought stress tolerance in *Catharanthus roseus* (L.) through biochemical and gene expression modulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, *161*, 166-175. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.008
6. Aliasgharzad, N., Bolandnazar, S., Neyshabouri, M., & Chaparzadeh, N. (2009). Impact of soil sterilization and irrigation intervals on P and K acquisition by mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.). *Biologia*, *64*(3), 512-515. https://doi.org/10.2478/s11756-009-0072-0
7. Arif, Y., Siddiqui, H., & Hayat, S. (2022). Role of chitosan nanoparticles in regulation of plant physiology under abiotic stress. In Sustainable Agriculture Reviews 53: Nanoparticles: A New Tool to Enhance Stress Tolerance Cham: *Springer International Publishing*. (pp. 399-413). https://doi.org/10.1007/978-3-030-86876-5_16
8. Asim, A., GÖKÇE, Z. N. Ö., Bakhsh, A., ÇAYLI, İ. T., Aksoy, E., ÇALIŞKAN, S., & Demirel, U. (2021). Individual and combined effect of drought and heat stresses in contrasting potato cultivars overexpressing miR172b-3p. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *45*(5), 651-668. https://doi:10.3906/tar-2103-60
9. Attaran Dowom, S., Karimian, Z., Mostafaei Dehnavi, M., & Samiei, L. (2022). Chitosan nanoparticles improve physiological and biochemical responses of *Salvia abrotanoides* (Kar.) under drought stress. *BMC Plant Biology*, *22*(1), 364. https://doi.org/10.1186/s12870-022-03689-4
10. Bakhoum, G., Sadak, M., & Tawfic, M. (2022). Chitosan and chitosan nanoparticle effect on growth, productivity and some biochemical aspects of *Lupinus termis* L plant under drought conditions. *Egyptian Journal of Chemistry*, *65*(5), 537-549. https://10.21608/EJCHEM.2021.97832.4563
11. Behboudi, F., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Kassaee, M. Z., Modarres-Sanavy, S. A. M., Sorooshzadeh, A., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2019). Evaluation of chitosan nanoparticles effects with two application methods on wheat under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(13), 1439-1451. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1617308
12. Bekele, S., & Tilahun, K. (2007). Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. *Agricultural Water Management*, *89*(1-2), 148-152. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.002
13. Brewster, J. L. (1979). The response of growth rate to temperature in seedlings of several Allium crop species. *Annals of Applied Biology*, *93*, 351-357.
14. Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G. S., & Nichols, E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*, *107*(3), 167-175. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2
15. Boonlertnirun, S., Sarobol, E. D., Meechoui, S., & Sooksathan, I. (2007). Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Agriculture and Natural Resources*, *41*(1), 1-6. https://doi.org/10.3390/plants10061160
16. Bosekeng, G. (2012). Response of onion (*Allium cepa* L.) to sowing date and plant population.
17. Brewster, J. L. (1990). Physiology of crop growth and bulbing. In: Rabinovitch HD, Brewster JL, eds. Onions and allied crops. Vol. I. Botany, physiology and genetics. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Inc., 53-88.
18. Chandra, S., Chakraborty, N., Dasgupta, A., Sarkar, J., Panda, K., & Acharya, K. (2015). Chitosan nanoparticles: a positive modulator of innate immune responses in plants. *Scientific Reports*, *5*(1), 15195. https://doi:10.1038/srep15195
19. Chaudhry, U. K., Gökçe, Z. N., & Gökçe, A. F. (2020). Effects of salinity and drought stresses on the physio-morphological attributes of onion cultivars at bulbification stage. *International Journal of Agriculture and Biology*, *24*(6), 168-189. https://doi:10.17957/IJAB/15.1611
20. Eksteen, G. J., Van Den Klashorst, E., & Van Ziji, B. (1997). Onions for export harvesting, handling and storage. Onions J.2. Agricultural Research Council, Vegetable and Ornamental Plant Institute, Pretoria, South Africa.

21. Enchalew, B., Gebre, S. L., Rabo, M., Hindaye, B., Kedir, M., Musa, Y., & Shafi, A. (2016). Effect of deficit irrigation on water productivity of onion (*Allium cepa* L.) under drip. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, *5*(172), 2. https://doi:10.4172/2168-9768.1000172
22. FAO. (2018). FAOSTAT- countries by commodity. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity
23. FAO. (2020). Crop Production. data: http:/www.faostat.fao.org
24. Farouk, S., & Amany, A. R. (2012). Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology*, *14*, 14-16. https://doi:10.4314/ejb.v14i1.2
25. Fawzy, Z. F., El-Shal, Z. S., Li YunSheng, L. Y., Zhu OuYang, Z. O., & Sawan, O. M. (2012). Response of garlic (*Allium sativum* L.) plants to foliar spraying of some bio-stimulants under sandy soil condition. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*(2), 770-776. https://doi:10.5555/20123174116
26. Geries, L. S. M., Omnia, H. S., & Marey, R. A. (2020). Soaking and foliar application with chitosan and nano chitosan to enhancing growth, productivity and quality of onion crop. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, *20*(2), 3584-91.
27. Ghasemi Pirbalouti, A., Malekpoor, F., Salimi, A., & Golparvar, A. (2017). Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of two species of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) under reduced irrigation. *Scientia Horticulturae*, *217*, 114-122. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.031
28. Ghodke, P. H., Shirsat, D. V., Thangasamy, A., Mahajan, V., Salunkhe, V. N., Khade, Y., & Singh, M. (2018). Effect of water logging stress at specific growth stages in onion crop. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(1), 3438-3448. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.405
29. Ghodke, P., Khandagale, K., Thangasamy, A., Kulkarni, A., Narwade, N., Shirsat, D., & Singh, M. (2020). Comparative transcriptome analyses in contrasting onion (*Allium cepa* L.) genotypes for drought stress. *Frontiers in Plant Science*, *15*(8), e0237457. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237457
30. Gürel, F., Öztürk, N. Z., & Uçarlı, C. (2016). Transcriptomic responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to drought and salinity. *Plant Omics: Trends and Applications*, 159-188. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31703-8_
31. Gwandu, H. A., & Idris, F. (2016). Effect of irrigation intervals on growth and yield of onion (*allium cepa* L.) in Bunza, Kebbi state, Nigeria. *International Journal of Research in Engineering and Science*, *4*(9), 42-45. https://doi.org/10.1155/2022/4655590
32. Hafez, Y., Attia, K., Alamery, S., Ghazy, A., Al-Doss, A., Ibrahim, E., & Abdelaal, K. (2020). Beneficial effects of biochar and chitosan on antioxidative capacity, osmolytes accumulation, and anatomical characters of water-stressed barley plants. *Agronomy*, *10*(5), 630. https://doi.org/10.3390/agronomy10050630
33. Hao, T., Yang, Z., Liang, J., Yu, J., & Liu, J. (2023). Foliar application of carnosine and chitosan improving drought tolerance in bermudagrass. *Agronomy*, *13*(2), 442. https://doi.org/10.3390/agronomy13020442
34. Howlett, B. J. (2006). Secondary metabolite toxins and nutrition of plant pathogenic fungi. *Current Opinion in Plant Biology*, *9*(4), 371-375. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.004
35. Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*, 313-326. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0633-1
36. Islam, M. M., Kabir, M. H., Mamun, A. N. K., Islam, M., & Das, P. (2018). Studies on yield and yield attributes in tomato and chilli using foliar application of oligo-chitosan. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, *3*(3), 20-28.
37. Junaid, M. D., Chaudhry, U. K., & Gökçe, A. F. (2021). Climate change and plant growth–South Asian perspective. *Climate Change Plants*, 37-53. https://doi.org/10.1201/9781003109037
38. Kazemi, A., & Ghorbanpour, M. (2017). Introduction to environmental challenges in all over the world. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*, 25-48. https://doi.org/10.1007/978-3-319- 68717-9_2
39. Kamenetsky, R., & Rabinowitch, H. D. (2006). The genus Allium: A developmental and horticultural analysis. *Horticultural Reviews*, *32*, 329-378. https://doi.org/10.1002/9780470767986
40. Khokhar, K. M. (2017). Environmental and genotypic effects on bulb development in onion–a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *92*(5), 448-454. https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1314199
41. Lei, C., Ma, D., Pu, G., Qiu, X., Du, Z., Wang, H., & Liu, B. (2011). Foliar application of chitosan activates artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L. *Industrial Crops and Products*, *33*(1), 176-182. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.001
42. Li, Z., Zhang, Y., Zhang, X., Merewitz, E., Peng, Y., Ma, X., & Yan, Y. (2017). Metabolic pathways regulated by chitosan contributing to drought resistance in white clover. *Journal of Proteome Research*, *16*(8), 3039-3052. https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00334
43. Malerba, M., & Cerana, R. (2019). Recent applications of chitin-and chitosan-based polymers in plants. *Polymers*, *11*(5), 839. https://doi.org/10.3390/polym11050839

44. Mehta, I. (2017). Origin and history of onions. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, *22*(9), 7-10. https://doi.org/10.9790/0837-2209130710
45. Mirajkar, S. J., Dalvi, S. G., Ramteke, S. D., & Suprasanna, P. (2019). Foliar application of gamma radiation processed chitosan triggered distinctive biological responses in sugarcane under water deficit stress conditions. *International Journal of Biological Macromolecules, 139,* 1212-1223. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.093
46. Mubarak, I., & Hamdan, A. (2018). Onion crop response to regulated deficit irrigation under mulching in dry Mediterranean region. *Journal of Horticultural Research, 26*(1). https://doi.org/10.2478/johr-2018-0010
47. Muhammad, A., Gambo, B. A., & Ibrahim, N. D. (2011). Response of onion (*Allium cepa* L.) to irrigation intervals and plant density in Zuru, Northern Guinea Savanna of Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences, 19*(2), 241-247. https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241
48. Nurga, Y., Alemayehu, Y., & Abegaz, F. (2020). Effect of deficit irrigation levels at different growth stages on yield and water productivity of onion (*Allium cepa* L.) at Raya Azebo Woreda, Northern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences, 30*(3), 155-176. https://doi.org/10.14662/ARJASR2017.042
49. Pavlović, N., Zdravković, M., Gvozdanović-Varga, J., Mladenović, J., Pavlović, R., & Zdravković, J. (2016). Heredity mode of onion (*Allium cepa* L.) bulb shape index. *Ratarstvo i povrtarstvo, 53*(3), 85-89.
50. Pike, M. L. (1986). Onion breeding. In: Breeding Vegetable Crops, M. J. Bassett. The AVI publishing company. USA. 357-394.
51. Piri, H., & Naserin, A. (2020). Effect of different levels of water, applied nitrogen and irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. *Scientia Horticulturae, 268,* 109361. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109361
52. Pongprayoon, W., Roytrakul, S., Pichayangkura, R., & Chadchawan, S. (2013). The role of hydrogen peroxide in chitosan-induced resistance to osmotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regulation, 70,* 159-173. https://doi.org/10.1007/s10725-013-9789-4
53. Radman, R., Saez, T., Bucke, C., & Keshavarz, T. (2003). Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, *37*(1), 91-102. https://doi.org/10.1042/BA20020118
54. Ramachandra, C. T., & Rao, P. S. (2008). Processing of Aloe vera leaf gel: a review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *3*(2), 502-510. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2008.502.510
55. Rabêlo, V. M., Magalhães, P. C., Bressanin, L. A., Carvalho, D. T., Reis, C. O. D., Karam, D., & Souza, T. C. D. (2019). The foliar application of a mixture of semisynthetic chitosan derivatives induces tolerance to water deficit in maize, improving the antioxidant system and increasing photosynthesis and grain yield. *Scientific Reports, 9*(1), 8164. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44649-7
56. Rameshjan, Y. (2023). The effects of planting methods and patterns on agroecological characteristics of onion (*Allium cepa* L.) in two heterogeneous microclimates in Hormozgan province. Ph.D. Dissertation Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
57. Rao, N. S., Laxman, R. H., & Shivashankara, K. S. (2016). Physiological and morphological responses of horticultural crops to abiotic stresses. *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*, 3-17. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0_1
58. Rhaman, M. S., Rauf, F., Tania, S. S., & Khatun, M. (2020). Seed priming methods: Application in field crops and future perspectives. *Asian Journal of Research in Crop Science*, *5*(2), 8-19. https://doi.org/10.9734/AJRCS/2020/v5i230091
59. Shamekh, M., Jafari, L., & Farzin, A. (2021). Ameliorating effect of proline, chitosan and its derivatives on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence indices, qualitative characteristics and yield of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under deficit irrigation conditions. *Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology*, *10*(41), 77-95. (in Persian with English abstract). 20.1001.1.23222727.1400.10.41.18.8
60. Singh, V. K., Singh, A. K., Singh, P. P., & Kumar, A. (2018). Interaction of plant growth promoting bacteria with tomato under abiotic stress: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *267*, 129-140. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.020
61. Tadesse, T., Sharma, P. D., & Ayele, T. (2022). Effect of the Irrigation Interval and Nitrogen Rate on Yield and Yield Components of Onion (*Allium cepa* L.) at Arba Minch, Southern Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/4655590
62. Turhan, A., & Kuşçu, H. (2020). The Influence of irrigation water salinity and humic acid on nutrient contents of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural Sciences, 26*(2), 147-153. https://doi.org/10.15832/ankutbd.459907
63. Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., Meena, K. K., Singh, N. P., Hegade P. M., & Sorty, A. M. (2018). Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio–regulators. *Agricultural Water Management, 199,* 1-10. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.026
64. Wang, Xh. H., Li, D. P., Wang, W. G., Feng, Q. L., Cui, F. Z., Xu, Y. X., Song, X. H., & Vander Werf, M. (2003).

Cross linked collagen/chitosan matrix for artificial livers. *Biomat*, *24*, 3213-3220. https://doi.org/10.1016/s0142-9612(03)00170-4.
65. Ward, F. A., & Pulido-Velazquez, M. (2008). Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(47), 18215-18220. https://doi.org/10.1073/pnas.0805554105
66. Yin, H., Fretté, X. C., Christensen, L. P., & Grevsen, K. (2012). Chitosan oligosaccharides promote the content of polyphenols in Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(1), 136-143. https://doi.org/10.1021/jf204376j
67. Zayed, M. M., Elkafafi, S. H., Zedan, A. M., & Dawoud, S. F. (2017). Effect of nano chitosan on growth, physiological and biochemical parameters of Phaseolus vulgaris under salt stress. *Journal of Plant Production, 8*(5), 577-585. https://doi.org/10.21608/JPP.2017.40468
68. Zhao, D. X., Fu, C. X., Han, Y. S., & Lu, D. P. (2005). Effects of elicitation on jaceosidin and hispidulin production in cell suspension cultures of Saussurea medusa. *Process Biochemistry*, *40*(2), 739-745. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.01.040
69. Zhang, C., Yan, Q., Cheuk, W. K., & Wu, J. (2004). Enhancement of tanshinone production in Salvia miltiorrhiza hairy root culture by Ag+ elicitation and nutrient feeding. *Planta Medica*, *70*(02), 147-151. https://doi.org/10.1055/s-2004-815492
70. Zhang, Y., Mian, M. A. R., & Bouton, J. H. (2006). Recent molecular and genomic studies on stress tolerance of forage and turf grasses. *Crop Science*, *46*(2), 497-511. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0572
71. Zheng, J., Huang, G., Wang, J., Huang, Q., Pereira, L. S., Xu, X., & Liu, H. (2013). Effects of water deficits on growth, yield and water productivity of drip-irrigated onion (*Allium cepa* L.) in an arid region of Northwest China. *Irrigation Science*, *31*, 995-1008. https://doi.org/10.1007/s00271-012-0378-5